

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Januar 2002 (03.01.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/01657 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01M 8/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/07373**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
28. Juni 2001 (28.06.2001)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
100 31 864.9 30. Juni 2000 (30.06.2000) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND  
WASSERSTOFF-FORSCHUNG BADEN-WÜRT-  
TEMBERG, GEMEINNÜTZIGE STIFTUNG**  
[DE/DE]; Hessbrühlstrasse 21c, 70565 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHOLTA, Joachim**  
[DE/DE]; Hirschstrasse 35, 89278 Nersingen (DE).  
**JÖRISSEN, Ludwig** [DE/DE]; Ludwigstrasse 31, 89231  
Neu-Ulm (DE).

(74) Anwalt: **MERKLE, Gebhard**; Ter Meer, Steinmeister  
& Partner GbR, Mauerkircherstrasse 45, 81679 München  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): **CA, JP, US.**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

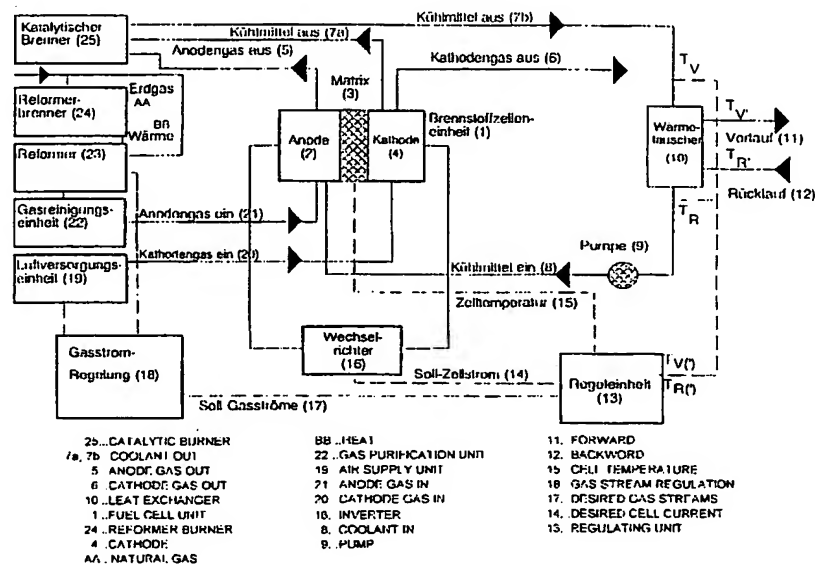
Veröffentlicht:

ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR REGULATING OPERATION OF FUEL CELL INSTALLATIONS CONTROLLED ACCORDING TO  
HEAT AND/OR POWER REQUIREMENT**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR REGELUNG DES WÄRME- UND/ODER STROMBEDARFSGEFÜHRTEN BETRIEBS  
VON BRENNSTOFFZELLENANLAGEN**



(57) Abstract: The invention relates to a method for regulating the heat production of fuel cells in an operating mode which is controlled according to heat and/or power requirements. The invention is characterised in that with a constant or varying cell current, the anode gas stream of the fuel cell is regulated as a correcting variable through the forward or backward temperature of the heat circuit as a controlling variable, or controlled according to a set of characteristics. According to the invention, this enables adjustment to a constant forward temperature with changing heat reduction, as well as extensive separation of heat and electricity production.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/01657 A2



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Regelung der Wärmeproduktion von Brennstoffzellen im wärme- und/oder strombedarfsgeführten Betrieb, dadurch gekennzeichnet, dass bei konstantem oder variierendem Zellstrom der Anodengasstrom der Brennstoffzelle als Stellgrösse über die Vorlauf- oder Rücklauf-temperatur des Wärmekreislaufs als Regelgrösse geregelt oder nach einem Kennlinienfeld gesteuert wird. Erfindungsgemäss kann hierbei eine Regelung auf konstante Vorlauf-temperatur bei wechselnder Wärmeabnahme sowie eine weitgehende Entkoppelung von Strom- und Wärmeproduktion erreicht werden.

**Verfahren zur Regelung des wärme- und/oder  
strombedarfsgeführten Betriebs von Brennstoffzellenanlagen**

- 1 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des wärme- und/oder strombedarfsgeführten Betriebes von Brennstoffzellenanlagen.

Brennstoffzellen, besonders solche mit mittlerer oder höherer  
5 Arbeitstemperatur sind aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades und ihrer niedrigen Schadstoff- und Geräuschemissionen zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme in kleineren und mittleren Einheiten sehr gut geeignet.

- 10 Technisch am weitesten entwickelt ist zur Zeit die Phosphorsäure-Brennstoffzelle (PAFC), die bereits kommerziell angeboten wird. Die angebotene Einheit besitzt eine elektrische Leistung von 200 kW. Die Zelle ist für stromgeführten Betrieb ausgelegt, kann jedoch auch zur Auskopplung von Wärme eingesetzt werden. Systembedingt darf die  
15 Rücklauftemperatur höchstens 33 °C betragen. Ist diese höher, wird ein Zusatzkühlsystem aktiviert, welches die überschüssige Wärme an die Umgebungsluft abgibt.

- Brennstoffzellen besitzen im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren keine  
20 direkte Möglichkeit der Leistungsregelung über die Brennstoffzufuhr, da sowohl der anoden- als auch der kathodenseitige Gasumsatz nur etwa 80 bzw. 50 % betragen darf. Da die Umsatzrate nach dem Faraday'schen Gesetz proportional zum Zellstrom ist, wird bei Brennstoffzellen der Zellstrom als Führungsgröße gewählt und die Gasströme entsprechend  
25 dem vorgewählten Zellstrom gesteuert.

- Soll die Leistung der Brennstoffzelle nicht nach dem jeweiligen Netzbedarf, sondern nach dem Wärmebedarf der Nutzlast ausgerichtet werden, wird das Verfahren der Kennfeldanpassung gewählt, nach dem die  
30 Wärmeabgabe der Zelle in Abhängigkeit betriebsrelevanter Größen ermittelt wird und nach diesem Kennfeld der passende Strom von Hand eingestellt wird (H. Knappstein: Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzellen, GASWÄRME International, 43(1994), S. 139-45). Dieses Verfahren wird bei weitgehend stationärem Wärmebedarf oder geringen Schwankungen

- 1 desselben angewandt, führt jedoch bei stärkeren Schwankungen oder  
auch bei einer Änderung der Zellcharakteristik infolge Alterung sowie bei  
Änderungen in der Erdgasqualität zu Fehlanpassungen. Diese können  
wiederum bewirken, daß entweder nicht ausreichend Wärme zur  
5 Verfügung steht oder überschüssige Wärme über den Zusatzkühler  
abgeführt werden muß, was dann zu einer Verminderung des  
Gesamtwirkungsgrads führt.

Eine Regelung in der Form, daß wie bei Blockheizkraftwerken nach  
10 dortigem Stand der Technik Kessel in Stufen ab- oder zugeschaltet  
werden, ist bei Brennstoffzellen nicht anwendbar, da ein häufiges An- und  
Abschalten zu einer Verschlechterung der Zelle führt bzw. wegen der  
auftretenden Anfahrverluste unwirtschaftlich ist.

- 15 In der Patentliteratur (DE 21 57 722 A und DE 19 49 184 A) wird ein  
Regelverfahren zur Regelung der Brennstoffzufuhr von Brennstoffzellen  
nach einem Steuersignal genannt. Dieses beinhaltet jedoch kein  
Verfahren zur Erzeugung des Steuersignals im Hinblick auf einen  
wärmegeführten Betrieb der Brennstoffzelle.

20

- EP 03 87 702 A2 beinhaltet ein Verfahren zum Regeln der Vor- bzw.  
Rücklauftemperatur einer Warmwasser-Heizungsanlage. Gegenstand  
dieses Verfahrens ist die leistungsabhängige Anwendung eines  
Zweipunkt- oder Stetigregelverfahrens zur Regelung einer Warmwasser-  
25 Heizungsanlage und beinhaltet im Gegensatz zu der vorliegenden Erfin-  
dung den fallweise wechselnden Einsatz von Zweipunkt- und  
Stetigregelung bei einem Gaskessel. Bezogen auf den Betrieb von  
Brennstoffzellen werden keine Aussagen getroffen, insbesondere werden  
keine Angaben zum Zellstrom als wirksame Steuergröße für den  
30 wärmegeführten Betrieb einer solchen Anlage gemacht.

EP 03 77 151 A1 beinhaltet ein Verfahren zur Regelung von  
Hochtemperaturbrennstoffzellen, welches die Zelltemperatur über die  
Vor- und Nachverbrennung von Gasströmen regelt und im Gegensatz zur

1 vorliegenden Erfindung primär keine Regelung der Wärmeproduktion bewirken soll.

5 US 50 23 151 A beinhaltet die Regelung des Kühlkreislaufs von Brennstoffzellen mit dem Ziel einer konstanten zellseitigen Kühlwassereinlaßtemperatur mittels eines regelbaren Bypasses für einen im Kühlwasserkreislauf befindlichen Wärmetauscher. Die Wärmeabgabe der Brennstoffzelle selbst wird hiernach nicht geregelt und somit auch kein Verfahren zur Durchführung eines wärmegeführten Betriebs  
10 angegeben.

In DE 43 22 765 C1 sowie in WO 98/32185 wird ein Verfahren zur Regelung der elektrischen Leistung von Brennstoffzellen über die Regelung des Oxidationsmittel-Massenstroms beschrieben. Dieses Verfahren ist für  
15 den Blockheizkraftwerksbetrieb von Brennstoffzellen nicht sinnvoll, da sich nach diesem Verfahren der elektrische Wirkungsgrad des Systems im Teillastbetrieb verschlechtern würde.

In DE 195 17 813 C2 wird ein Verfahren zur Regelung der Stromerzeugung  
20 von Brennstoffzellen im wärmegeführten Betrieb beschrieben, nach dem der Strom der Brennstoffzelle als Stellgröße über die Vorlauf- oder Rücklauftemperatur des Kühlwärmekreislaufs als Regelgröße mit Hilfe eines kontinuierlichen oder quasikontinuierlichen Regelverfahrens geregelt wird. Zu diesem Zweck wird dort auch die Regelung der Gasströme  
25 über einen zweiten, gegebenenfalls mit einem gegenüber der Brennstoffzellen-Stromregelung mit einem zeitlichen Vorlauf versehenen Regelpfad beschrieben.

Ziel bei der Konstruktion einer zur Strom- und Wärmeversorgung  
30 geeigneten Anlage ist ein möglichst einfacher und damit kostengünstiger Systemaufbau. Die vorliegende Erfindung bezweckt gegenüber dem durch DE 195 17 813 C2 gegebenen Stand der Technik eine weitere Vereinfachung der Systemauslegung verbunden mit einer erweiterten Regelbarkeit des Systems.

1 Die Erfindung bezweckt die kontinuierliche sowie die Brennstoffzelle schonende und verlustfreie Anpassung der Wärmeproduktion der Brennstoffzelle an den aktuellen Wärmebedarf unter Berücksichtigung eines möglichst einfachen Systemdesigns.

5

Darüber hinaus bezweckt die Erfindung eine Entkoppelung der Strom- und Wärmeerzeugung, soweit dieses innerhalb des Systems möglich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Fahrweise der Brennstoff-  
10 zelle zu entwickeln, die diese Anpassung unter möglichst einfachem Systemdesign ermöglicht und einen ausreichenden Abstand zu den Grenzwerten der Prozeßführung auch bei ständigen Schwankungen des Wärme- oder Strombedarfs gewährleistet.

15 Die erfindungsgemäße Lösung besteht in der Regelung der Wärmeproduktion der Brennstoffzelle anhand der Vor- oder Rücklauftemperatur des Wärmekreislaufs. Als Stellgröße dient hierbei der der Brennstoffzelle zugeführte Anodengasstrom, in dem bei konstantem oder variierendem Stackstrom der Anodengasstrom über die Vorlauf- oder  
20 Rücklauftemperatur des Wärmekreislaufs in Abhängigkeit der benötigten Wärmemenge geregelt oder nach einem Kennlinienfeld gesteuert wird.

Die Erfindung nutzt die Tatsache aus, daß Brennstoffzellen über einen weiten Lastbereich kontinuierlich regelbar sind und innerhalb weiter  
25 Umsatzbereiche gefahren werden können.

Die Erfindung besteht somit in der Anwendung einer kontinuierlichen Regelung oder Steuerung des Anodengasstroms bei konstantem oder variierendem Zell- bzw. Stackstrom.

30

Der Wärmekreislauf kann durch einen Wärmetauscher in einen die Brennstoffzelleneinheit umfassenden Kühlmittelkreislauf und in einen Nutzwärmekreislauf, welcher dann den Wärmetauscher und den Wärmeverbraucher, der auch aus einem oder mehreren Wärmetauscher-

1    kreisläufen bestehen kann, umfaßt, aufgeteilt sein.

Erfindungsgemäß erfolgt die Regelung der Wärmemenge durch Steuerung  
des Anodengasstroms über die Gasversorgungseinheit. Der durch den  
5    Brennstoffzellen-Stapel fließende Strom kann hierbei ganz oder teilweise  
mitgeführt werden. Gegenüber dem in DE 195 17 813 C2 beschriebenen  
Verfahren, erfolgt erfindungsgemäß eine Regelung des Gasstroms  
unabhängig oder mit nur teilweise mitgeführtem Zell- bzw. Stackstrom, so  
daß ein Betrieb des Systems mit variablem Umsatzgrad in der  
10    Brennstoffzelle resultiert. Für die Mitführung des Stackstroms sind  
erfindungsgemäß mehrere Konzepte möglich:

1. Konstanthaltung des Stackstroms und damit Variation a) des  
Umsatzgrades und b) der Wärmemenge unter fast vollständiger  
15    Konstanthaltung der Stromerzeugung.
2. Teilweise Mitführung des Stackstroms unter Wirkungsgradaspekten.  
Die Optimierung kann hierbei sowohl a) im Hinblick auf den  
elektrischen Wirkungsgrad oder b) im Hinblick auf den Gesamtnut-  
zungsgrad des Systems erfolgen.
- 20    3. Entkoppelung der Strom- und Wärmeerzeugung durch getrennte  
Regelung von Stack- und Anodengasstrom. Hierbei kann der Vorrang  
sowohl auf den Strom- als auch auf den Wärmebedarf gelegt werden,  
sobald Zellparameter (z.B. der gasseitige Umsatzgrad) die  
Systemgrenzen erreichen. In diesem Fall wird bei  
25    Wärmeregierungsvorrang der Stackstrom so mitgeführt, daß im  
Brennstoffzellen-Stack die zulässigen Systemgrenzen, speziell der  
zulässige Gas-Umsatzgrad eingehalten wird. Bei  
Stromregelungsvorrang wird dagegen der Anodengasstrom soweit  
mitgeführt, daß im Brennstoffzellen-Stack der zulässige Gas-  
30    Umsatzgrad eingehalten wird. Solange dies nicht der Fall ist, können  
Gassströme und Stackstrom unabhängig voneinander variiert  
werden. In beiden Fällen ist der Stackstrom die Stellgröße für die  
elektrische Leistung, während der Gasstrom die Stellgröße für die  
Wärmemenge darstellt.

- 1 Die konkrete Regelung des Anodengasstroms hängt von dem gewählten  
Betriebsgas und der verwendeten Gasaufbereitungs- bzw. versorgungs-  
einheit ab. Im einfachsten Fall wird lediglich ein Gasstrom aus einem  
Vorratsbehälter geregelt und das Restanodengas der Brennstoffzelle  
5 entweder verbrannt oder mittels einer bekannten Rezyklierung wieder in  
den Einlaß der Brennstoffzelle zurückgeführt. In allen anderen Fällen fällt  
bei der Brenngaserzeugung ein  $\text{CO}_2$ -haltiges Gas an, welches nach  
Umsatz in der Brennstoffzelle zu einem Schwachgas führt, welches einer  
Restgasverbrennung in einem Flamm- oder katalytischen Brenner  
10 zugeführt werden kann. Die bei diesem Prozeß entwickelte Wärme wird  
entweder dem Primär(Kühl)- oder Sekundär(Nutzwärme)-Kreislauf des  
Systems zugeführt oder zur teilweisen oder vollständigen Deckung der in  
der Anodengasaufbereitung benötigten Reaktionswärme verwendet.
- 15 Unabhängig von der realisierten Variante wird beim erfindungsgemäßen  
Regelverfahren unmittelbar oder mittelbar der Ausgangsgasstrom der  
Gasaufbereitungseinheit geregelt oder gestellt. Die Regelung oder  
Steuerung des Brennerstroms der Gasaufbereitungseinheit erfolgt in ei-  
ner an sich bekannten eigenständigen Steuerung/Regelung. Soweit der  
20 Restgasstrom der Gasaufbereitungseinheit zur Bereitstellung von  
Reaktionswärme zugeführt wird, wird ein entsprechend geringerer  
Primärgasanteil zur Bereitstellung von Reaktionswärme eingesetzt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden näher  
25 beschrieben und ist in den Figuren 1 und 2 näher veranschaulicht:

Fig. 1: Schaltbild eines erfindungsgemäßen Regelverfahrens in einem  
Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerk

- 30 Fig. 2: Zeitlicher Verlauf der Ist-Werte für die elektrische Leistung und  
für den Wärmestrom (linke y-Achse) sowie des Zellstroms, der Zellspan-  
nung, des anodenseitigen Umsatzgrades und der Vor- und Rücklauftem-  
peratur (rechte y-Achse) bei Regelung auf konstante Vorlauftemperatur  $T_V$   
im Nutzwärmekreis



- 1 Figur 1 gibt das Schaltbild eines erfindungsgemäßen Regelverfahrens in einem Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerk wieder.

Eine Brennstoffzelleneinheit 1, die aus mindestens einer aus Anode 2,  
5 Matrix 3 und Kathode 4 bestehenden Einzelzelle aufgebaut ist, wird von einer aus Reformerbrenner 24, Reformers 23 und Gasreinigungseinheit 22 bestehenden Brenngasversorgungseinheit anodenseitig über Leitung 21 und durch eine Luftversorgungseinheit 19 über Leitung 20 kathodenseitig mit Betriebsgasen versorgt. Die Restgase werden gasseitig über einen  
10 Anodengasausgang 5 in einen katalytischen Brenner 25 und luftseitig über einen Kathodengasausgang 6 abgeführt. Die Brennstoffzelleneinheit 1 wird von einem aus einer Pumpe 9, einer Kühlmittelzuführung 8, einer Kühlmittelabführung 7a und 7b sowie einem Wärmetauscher 10 bestehendem Kühlmittelkreislauf gekühlt. Im Wärmetauscher 10 wird das  
15 Kühlmittel mit einem aus Vorlauf und Rücklauf bestehendem Nutzwärme- kreislauf gekühlt. Die Vorlauftemperatur  $T_V$  des Kühlmittels wird der Re- geleinheit 13 zugeführt, welche über die Gasstrom-Regelung 18 die Temperatur  $T_V$  durch Variation des anodenseitigen Gasstroms und damit des anodenseitigen Umsatzgrades auf einen konstanten Wert regelt. Der  
20 kathodenseitige Gasstrom wird nach Stand der Technik in Abhängigkeit vom Zellstrom und der Kühlmitteltemperatur  $T_R$  geregelt. Der Zellstrom, der durch den Wechselrichter 16 eingestellt wird, wird hierbei auf einem konstanten Wert gehalten. Als Stellgröße für die produzierte Wärmemenge dient der Anodengasstrom. Wahlweise kann der Zellstrom ebenfalls  
25 variiert werden, um wechselnde Stromanforderungen zu erfüllen. Im Ausführungsbeispiel wird die Anlage damit sowohl wärme- als auch strombedarfsgeführt betrieben. Grenzen der Entkoppelung liegen lediglich vor, wenn z.B. bei hohem Strombedarf ein maximaler Anodenumsatzgrad eingestellt wird und die produzierte Wärmemenge  
30 dennoch über dem Bedarfswert zur Aufrechterhaltung von  $T_V$  liegt. In diesem Fall wird im Ausführungsbeispiel auf Vorrang der Wärmemengenregelung geschaltet und so der Zellstrom solange vermindert, bis bei maximalem Umsatzgrad die Wärmeproduktion dem Bedarf angepaßt ist. Die Ausgangssignale der Anodengasstromregelung

1 werden zur Ansteuerung von Gasdurchflußreglern (nicht gezeigt), die  
zusammen mit einer Gasversorgung die Gasversorgungseinheit bilden,  
verwendet. Zur Regelung des Anodengasstroms wird die Regeleinheit 13  
als eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) nach dem PID-  
5 Verfahren in Verbindung mit einer Begrenzung des Anodengasstroms  
nach einem Minimal- und Maximalwert aufgebaut. Durch geeignete Wahl  
der Zeitkonstanten wird eine praktisch überschwingungsfreie Regelung  
der Vorlauftemperatur  $T_V$  nach sprungförmiger Änderung der  
Wärmeabnahme im Nutzwärmekreislauf erreicht. Hierbei werden  
10 Zeitkonstanten von 5 bis 10 Minuten für die Regelung der Vorlauftempe-  
ratur bis zur Konstanz auf den Sollwert erreicht.

In Figur 2 ist die Zeitabhängigkeit der Wärme- und Stromproduktion bei  
einem erfindungsgemäßen Regelverfahren wiedergegeben. Es zeigt sich,  
15 daß bei einer durch Anhebung der nutzwärmeseitigen Rücklauftempera-  
tur vorgegebenen Wärmelastreduktion die nutzwärmeseitige Vorlauftem-  
peratur mittels einer erfindungsgemäßen Regelung des anodenseitigen  
Gasumsatzes auf konstantem Niveau geregelt werden kann. Die Strompro-  
duktion bleibt dabei fast konstant.

20

Erfindungsgemäß kann damit eine Regelung auf konstante Vorlauftempe-  
ratur bei wechselnder Wärmeabnahme sowie eine weitgehende Entkoppe-  
lung von Strom- und Wärmeproduktion erreicht werden.

25

30

**Patentansprüche**

- 1    1.    Verfahren zur Regelung der Wärmeproduktion von Brennstoffzellen  
im wärme- und/oder strombedarfsgeführten Betrieb, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß bei konstantem oder variierendem Zell- oder Stackstrom der  
Anodengasstrom der Brennstoffzelle als Stellgröße über die Vorlauf- oder  
5    Rücklauftemperatur des Wärmekreislaufs als Regelgröße geregelt oder  
nach einem Kennlinienfeld gesteuert wird.
2.    Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zell-  
oder Stackstrom unter Konstanthaltung mitgeführt wird.
- 10    3.    Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zell-  
oder Stackstrom teilweise mitgeführt wird, wobei die Optimierung im Hin-  
blick auf den elektrischen Wirkungsgrad oder den Gesamtwirkungsgrad  
des Systems erfolgt.
- 15    4.    Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch ge-  
trennte Regelung von Zell- oder Stack- und Anodengasstrom eine Entkop-  
pelung der Strom- und Wärmeerzeugung erreicht wird.
- 20    5.    Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch  
gekennzeichnet, daß der Wärmekreislauf durch einen direkten Kreislauf  
unter Einbeziehung von Brennstoffzelleneinheit und Verbraucher gebil-  
det wird.
- 25    6.    Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch  
gekennzeichnet, daß der Wärmekreislauf aus einem Kühlmittelkreislauf,  
einem Wärmetauscher und einem Nutzwärmekreislauf gebildet wird.
- 30    7.    Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Nutz-  
wärmekreislauf aus einem oder mehreren Wärmetauscherkreisläufen ge-  
bildet wird.
8.    Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Vorlauftemperatur des Kühlmittel- oder

1 Nutzwärmekreislaufs geregelt wird.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß als Anodengas Wasserstoff oder ein durch  
5 Reformierung und Gasreinigung erhaltenes, wasserstoffreiches Gas ein-  
gesetzt wird.

10. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß zur Regelung des Anodengasstroms eine  
10 SPS-gesteuerte Regelung nach dem PID-Verfahren in Verbindung mit ei-  
ner Begrenzung des Anodengasstroms nach einem Minimal- und Maximal-  
wert verwendet wird.

15

20

25

30

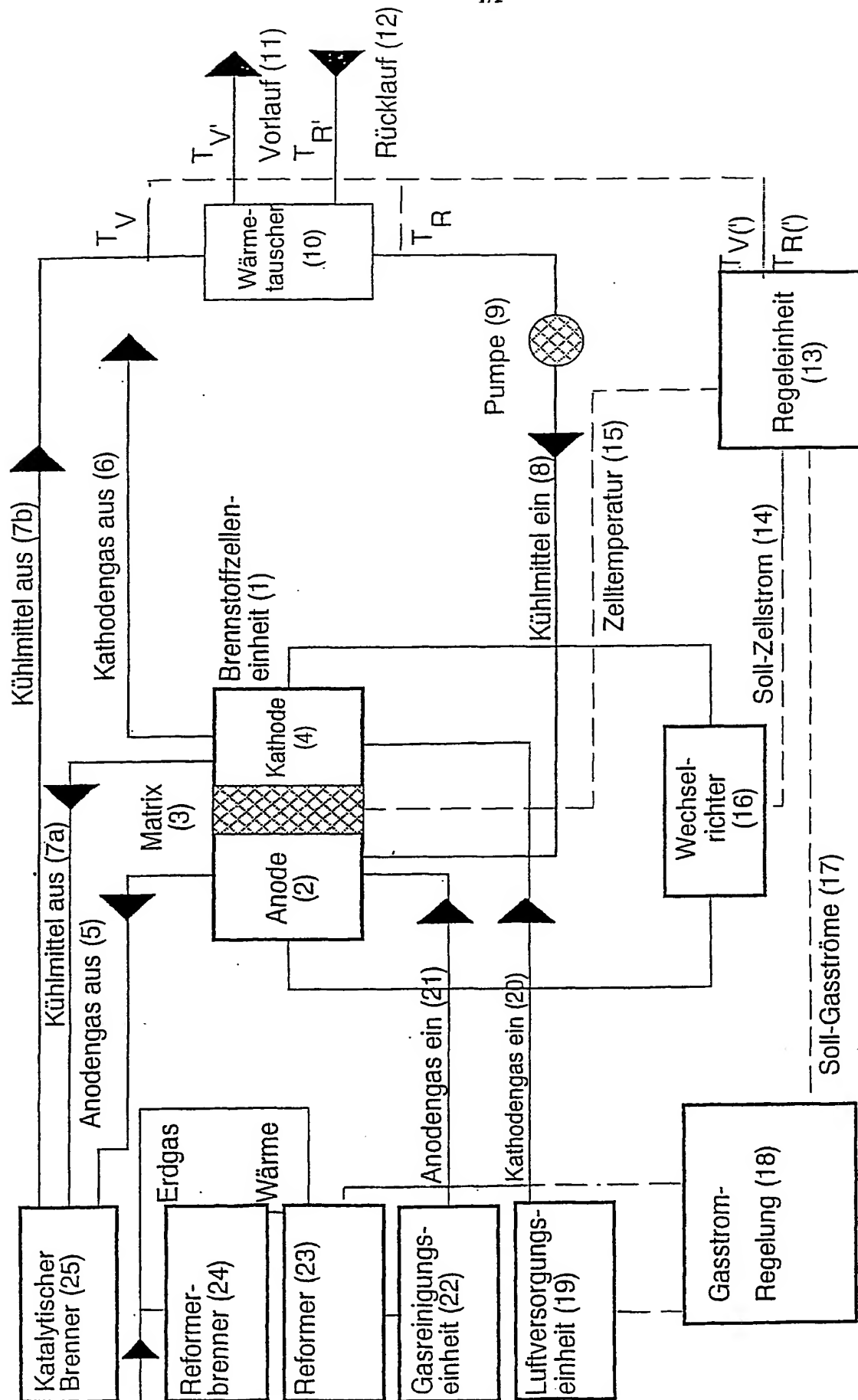


Fig. 1

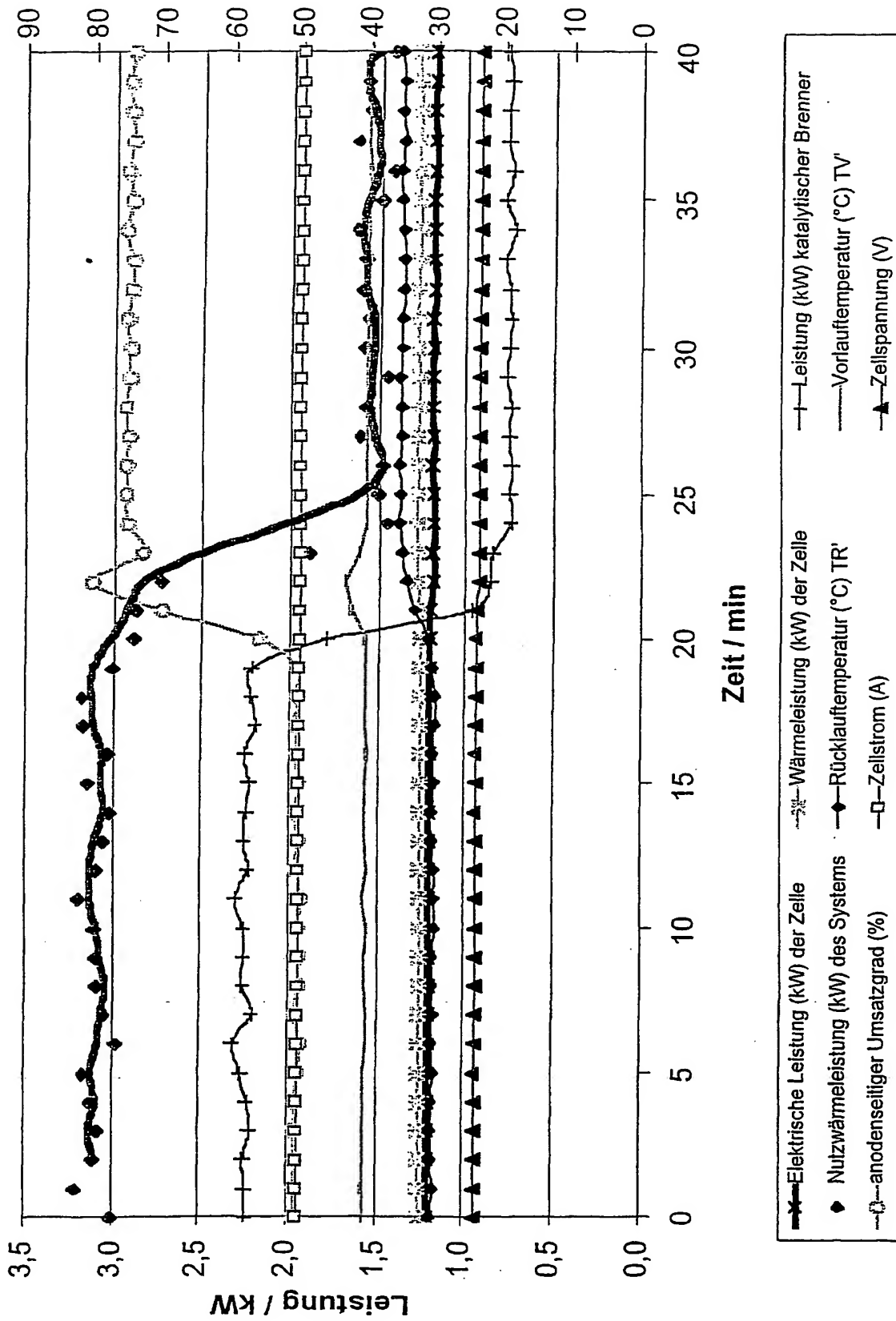


Fig. 2

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Januar 2002 (03.01.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/01657 A3

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01M 8/04

WASSERSTOFF-FORSCHUNG BADEN-WÜRT-  
TEMBERG, GEMEINNÜTZIGE STIFTUNG  
[DE/DE]: Hessbrühlstrasse 21c, 70565 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/07373

(22) Internationales Anmeldedatum:  
28. Juni 2001 (28.06.2001)

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHOLTA, Joachim  
[DE/DE]: Hirschstrasse 35, 89278 Nersingen (DE).  
JÖRISSEN, Ludwig [DE/DE]: Ludwigstrasse 31, 89231  
Neu-Ulm (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 31 864,9 30. Juni 2000 (30.06.2000) DE

(74) Anwalt: MERKLE, Gebhard: Ter Meer, Steinmeister  
& Partner GbR, Mauerkircherstrasse 45, 81679 München  
(DE).

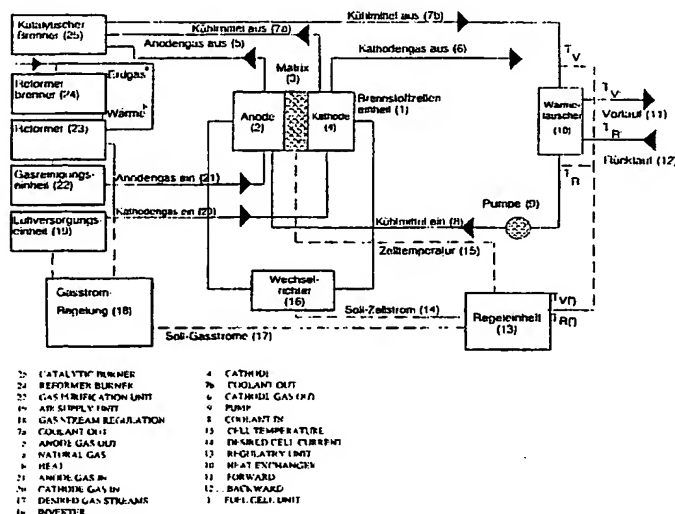
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR REGULATING OPERATION OF FUEL CELL INSTALLATIONS CONTROLLED ACCORDING TO  
HEAT AND/OR POWER REQUIREMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REGELUNG DES WÄRME- UND/ODER STROMBEDARFSGEFÜHRTEN BETRIEBS  
VON BRENNSTOFFZELLENANLAGEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for regulating the heat production of fuel cells in an operating mode which is controlled according to heat and/or power requirements. The invention is characterised in that with a constant or varying cell current, the anode gas stream of the fuel cell is regulated as a correcting variable through the forward or backward temperature of the heat circuit as a controlling variable, or controlled according to a set of characteristics. According to the invention, this enables adjustment to a constant forward temperature with changing heat reduction, as well as extensive separation of heat and electricity production.

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Regelung der Wärmeproduktion von Brennstoffzellen im wärme- und/oder strombedarfsgeführten Betrieb, dadurch gekennzeichnet, dass bei konstantem oder variierendem Zellstrom der Anodengasstrom der Brennstoffzelle als Stellgröße über die Vorlauf- oder Rücklauf- oder Zelltemperatur des Wärmekreislaufs

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts: 23. Mai 2002

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

als Regelgrösse geregelt oder nach einem Kennlinienfeld gesteuert wird. Erfindungsgemäss kann hierbei eine Regelung auf konstante Vorlauftemperatur bei wechselnder Wärmeabnahme sowie eine weitgehende Entkoppelung von Strom- und Wärmeproduktion erreicht werden.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/EP 01/07373

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01M8/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 594 (E-867), 27 December 1989 (1989-12-27) & JP 01 248477 A (HITACHI LTD; OTHERS: 01), 4 October 1989 (1989-10-04) abstract	1-10
A	WO 97 42673 A (SIEMENS AG ; STOCK ANDREAS (DE)) 13 November 1997 (1997-11-13) claims 1-11	1-10
A	DE 195 17 813 A (ZENTRUM FUER SONNENENERGIE UND) 21 November 1996 (1996-11-21) cited in the application claims 1-11	1-10
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 December 2001

Date of mailing of the international search report

19/12/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Battistig, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In International Application No

PCT/EP 01/07373

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 585 078 A (SEDERQUIST RICHARD A ET AL) 15 June 1971 (1971-06-15) claims 1-5	1-10
A	& DE 19 49 184 A 27 May 1970 (1970-05-27) cited in the application ---	1-10
A	US 3 745 047 A (FANCIULLO SALVATORE ET AL) 10 July 1973 (1973-07-10) claims 1-10	1-10
A	& DE 21 57 722 A 20 July 1972 (1972-07-20) cited in the application -----	1-10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In International Application No

PCT/EP 01/07373

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 01248477	A	04-10-1989	NONE	
WO 9742673	A	13-11-1997	AT 207247 T AU 706599 B2 AU 2887297 A CA 2253564 A1 WO 9742673 A1 DE 59704971 D1 EP 0898790 A1 JP 2000509549 T US 6124050 A	15-11-2001 17-06-1999 26-11-1997 13-11-1997 13-11-1997 22-11-2001 03-03-1999 25-07-2000 26-09-2000
DE 19517813	A	21-11-1996	DE 19517813 A1	21-11-1996
US 3585078	A	15-06-1971	DE 1949184 A1 FR 2023585 A5 JP 50015058 B SE 356401 B	27-05-1970 21-08-1970 02-06-1975 21-05-1973
US 3745047	A	10-07-1973	AU 466410 B AU 3402071 A CA 964719 A1 CH 543816 A DE 2157722 A1 FR 2119949 A5 IT 944565 B JP 58034909 B SE 396661 B	30-10-1975 05-04-1973 18-03-1975 31-10-1973 20-07-1972 11-08-1972 20-04-1973 29-07-1983 26-09-1977

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01M8/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 594 (E-867), 27. Dezember 1989 (1989-12-27) & JP 01 248477 A (HITACHI LTD; OTHERS: 01), 4. Oktober 1989 (1989-10-04) Zusammenfassung ---	1-10
A	WO 97 42673 A (SIEMENS AG ; STOCK ANDREAS (DE)) 13. November 1997 (1997-11-13) Ansprüche 1-11 ---	1-10
A	DE 195 17 813 A (ZENTRUM FUER SONNENENERGIE UND) 21. November 1996 (1996-11-21) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1-11 ---	1-10
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Dezember 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/12/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Battistig, M

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 3 585 078 A (SEDERQUIST RICHARD A ET AL) 15. Juni 1971 (1971-06-15) Ansprüche 1-5	1-10
A	& DE 19 49 184 A 27. Mai 1970 (1970-05-27) in der Anmeldung erwähnt	1-10
A	US 3 745 047 A (FANCIULLO SALVATORE ET AL) 10. Juli 1973 (1973-07-10) Ansprüche 1-10	1-10
A	& DE 21 57 722 A 20. Juli 1972 (1972-07-20) in der Anmeldung erwähnt	1-10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/07373

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 01248477	A	04-10-1989	KEINE
WO 9742673	A	13-11-1997	AT 207247 T 15-11-2001 AU 706599 B2 17-06-1999 AU 2887297 A 26-11-1997 CA 2253564 A1 13-11-1997 WO 9742673 A1 13-11-1997 DE 59704971 D1 22-11-2001 EP 0898790 A1 03-03-1999 JP 2000509549 T 25-07-2000 US 6124050 A 26-09-2000
DE 19517813	A	21-11-1996	DE 19517813 A1 21-11-1996
US 3585078	A	15-06-1971	DE 1949184 A1 27-05-1970 FR 2023585 A5 21-08-1970 JP 50015058 B 02-06-1975 SE 356401 B 21-05-1973
US 3745047	A	10-07-1973	AU 466410 B 30-10-1975 AU 3402071 A 05-04-1973 CA 964719 A1 18-03-1975 CH 543816 A 31-10-1973 DE 2157722 A1 20-07-1972 FR 2119949 A5 11-08-1972 IT 944565 B 20-04-1973 JP 58034909 B 29-07-1983 SE 396661 B 26-09-1977